



JOGO TYNDALL: DESENVOLVIMENTO MULTIMODAL DO SOFTWARE EDUCATIVO VIA INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS GENERATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA

Andrêi M. C. Mendes¹, Andrêza H. G. Sousa¹, José R. C. G. Junior¹, Kiany S. B. Cavalcante²,
Lucivânia M. Freire³.

¹Discente de graduação em Licenciatura em Química – IFMA, Campus São Luís Monte Castelo.

²Docente do Curso de Química – IFMA, Campus São Luís Monte Castelo

³Professora de química – Centro de Ensino Bernardo Coelho de Almeida, São Luís (MA)

andreimurilo@acad.ifma.edu.br

Palavras-Chave: Gamificação, Dispersões Coloidais, Autoria Docente.

Introdução

A abstração de conceitos químicos constitui um desafio histórico no ensino médio. O conteúdo sobre Dispersões - soluções, coloides e suspensões - exige dos estudantes a capacidade de distinguir sistemas que, macroscopicamente, podem parecer idênticos, mas diferem em escala nanométrica e em propriedades como o Efeito Tyndall. Quando a luz atravessa um coloide, as partículas dispersas espalham a radiação incidente, tornando o feixe luminoso visível (efeito Tyndall), fenômeno que não ocorre em soluções verdadeiras em razão do menor tamanho das partículas do soluto. Essa diferença constitui um importante critério para distinguir sistemas coloidais de soluções (Brown et al., 2016). Diante desse cenário, metodologias que mobilizem o envolvimento ativo tornam-se aliadas indispensáveis da prática docente.

A gamificação emerge, nesse contexto, como estratégia capaz de transformar a relação do estudante com o conteúdo. Segundo Burke (2015), o propósito central da gamificação é motivar pessoas a modificarem comportamentos, desenvolverem habilidades e estimularem a inovação. Alves (2015) complementa ao afirmar que a gamificação não depende necessariamente de tecnologia: ela existe nas formas mais primitivas da cultura lúdica, adaptando-se a qualquer ambiente de aprendizagem. Kapp (2012) a define como o uso de mecânicas, estéticas e pensamentos baseados em games para engajar pessoas, promover a aprendizagem e resolver problemas, definição que ecoa a visão de Zichermann e Cunningham (2011) sobre o uso do pensamento de jogos para engajar audiências. No campo da educação infantil, Kishimoto (2011) já demonstrava que o jogo, ao contemplar afetividade, cognição e interação social, potencializa a construção do conhecimento de forma significativa, perspectiva que se estende ao ensino médio quando os elementos lúdicos são adaptados à faixa etária.



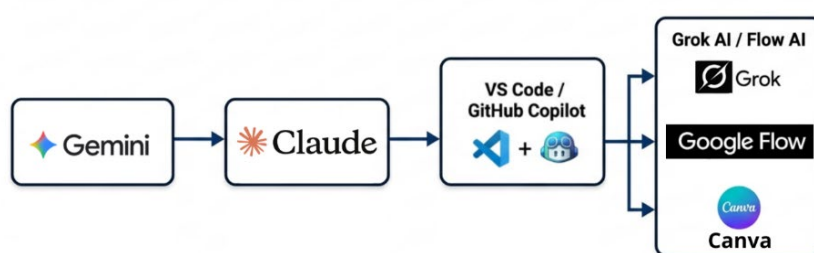
Nesse horizonte, o uso de Inteligências Artificiais (IA) generativas gratuitas propõe romper a barreira técnica da computação, impulsionando a autonomia do professor na criação de suas próprias ferramentas. Essa abordagem permite que educadores, mesmo sem conhecimento prévio em programação, desenvolvam softwares e jogos educativos autorais voltados à sua realidade pedagógica. A curiosidade docente e a acessibilidade dessas ferramentas democratizam a produção de recursos digitais, um paradigma de protagonismo e autoria que o próprio Referencial para Desenvolvimento e Uso Responsáveis de IA na Educação do Ministério da Educação (Brasil, 2026) reconhece e incentiva como um caminho necessário para fortalecer a criatividade e a integração ética da IA nas práticas docentes.

Para materializar essa proposta de autoria, desenvolveu-se o software educativo Tyndall, por meio de um fluxo multimodal de IA cujo o objetivo foi avaliar seu impacto na aprendizagem de dispersões por alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública parceira de um projeto pertencente ao programa Licenciador do IFMA, Campus São Luís Monte Castelo.

Material e Métodos

O software Tyndall foi inteiramente desenvolvido com ferramentas gratuitas e sem nenhum conhecimento prévio em linguagens de programação, sugerindo a viabilidade da produção autoral docente. O fluxo multimodal de IAs adotado foi sistematizado conforme a Figura 1.

Figura 1: Fluxograma do fluxo multimodal de desenvolvimento.



Fonte: Autores, 2026.

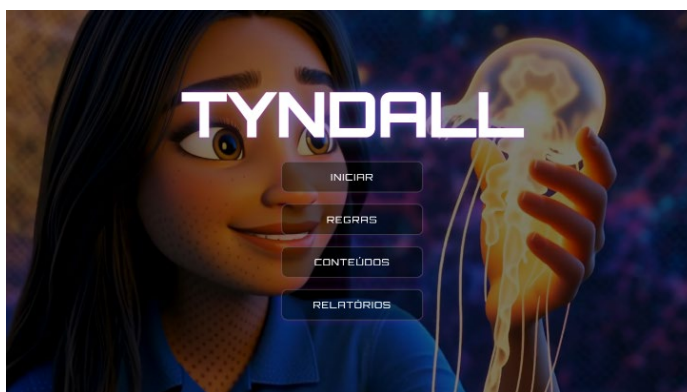
As ferramentas empregadas no fluxo multimodal são todas soluções de Inteligência Artificial generativa disponibilizadas gratuitamente por seus desenvolvedores. A direção e o refinamento de prompts foram conduzidos pelo Gemini IA (modelo de linguagem multimodal desenvolvido pelo Google), responsável por estruturar a lógica narrativa e pedagógica do jogo. A arquitetura do código foi gerada pelo Claude IA (modelo de linguagem voltado à geração e depuração de código, desenvolvido pela Anthropic) em HTML5, gerenciada no Visual Studio Code com suporte da extensão GitHub Copilot (ferramenta de assistência à programação da Microsoft/GitHub) para correção de bugs e otimizações. Os avatares dos



personagens foram criados no Gemini IA a partir de fotografias reais de estudantes, humanizando a experiência. Animações de fundo e transições visuais foram produzidas no Flow IA (ferramenta de geração de vídeo do Google Labs), Grok IA (modelo multimodal da xAI) e Canva (plataforma de design gráfico com recursos de IA integrados), enquanto efeitos sonoros e trilha sonora foram integrados para compor a imersão narrativa.

Como registro complementar ao produto educacional desenvolvido, disponibiliza-se o acesso à interface funcional do jogo e ao vídeo promocional que ilustra a proposta do *Tyndall*, permitindo a visualização da experiência vivenciada pelos estudantes. O material pode ser consultado por meio do código QR exibido na Figura 2.

Figura 2: (A) Código QR para acesso à interface síncrona e ao trailer promocional do jogo; (B) Tela inicial do *Tyndall*, ilustrando a interface de usuário e a identidade visual do software.



Fonte: Autores, 2026.

O conteúdo químico alvo foi o estudo analítico e comparativo das Dispersões: Soluções, Coloides e Suspensões, com ênfase na identificação das propriedades macroscópicas e submicroscópicas de cada sistema.

O software foi aplicado em turmas do 2º ano do Ensino Médio da escola pública Centro de Ensino Bernardo Coelho de Almeida, com partidas fluídas realizadas em grupos de quatro alunos. A coleta de dados ocorreu por meio de questionários diagnósticos estruturados, aplicados em formato de Pré-teste e Pós-teste, focados na identificação e diferenciação das propriedades das dispersões. O pré-teste foi disponibilizado no grupo de mensagens da turma, sendo respondido também por alunos que não estavam fisicamente presentes na aplicação prática, o que justifica o número superior de respondentes (15) em relação ao pós-teste (9), este último aplicado exclusivamente aos estudantes que participaram diretamente da experiência com o jogo.



Resultados e Discussão

A proposta pedagógica foi idealizada originalmente no formato de um jogo de tabuleiro físico, mas a busca por explorar as potencialidades tecnológicas direcionou o projeto para o ambiente digital. Mesmo sem formação técnica em programação, essa barreira foi superada com o auxílio de Inteligências Artificiais generativas gratuitas, que mediarão todo o processo de desenvolvimento do *Tyndall*. Durante a aplicação, observou-se uma recepção excelente por parte dos estudantes. O jogo prendeu a atenção das turmas de maneira natural e dinâmica, promovendo uma imersão tão intensa nas partidas que os alunos demonstravam resistência em ceder a vez aos colegas de grupo. Esse entusiasmo inicial confirmou a viabilidade da produção autoral docente e abriu caminho para a avaliação do aprendizado das turmas.

A aplicação do software *Tyndall* nas turmas foi avaliada sob uma perspectiva cronológica e investigativa. Para compreender o real impacto da metodologia adotada, a coleta de dados mapeou o diagnóstico inicial do cenário de aprendizagem (com 15 respostas no pré-teste) para, posteriormente, confrontá-lo com os resultados da validação empírica pós-jogo. O ponto de partida do diagnóstico buscou identificar o domínio conceitual prévio dos estudantes a respeito do tema central da intervenção pedagógica.

O ponto de partida do diagnóstico buscou identificar o domínio conceitual prévio dos estudantes a respeito do tema central da intervenção pedagógica, após aulas teóricas com slides e exposição dialogada. Os dados consolidados na Figura 3 evidenciam uma clara necessidade por reforço conceitual no campo das dispersões. Quando questionados se conseguiam diferenciar solução, coloide e suspensão antes da atividade, apenas 40% responderam positivamente. A maior parte do ecossistema amostral apresentou limitações severas, dividida entre respostas "parcialmente" (33,3%) e "não" (26,7%). Esse panorama inicial ratificou a necessidade urgente de intervenções didáticas disruptivas, uma vez que o método de ensino tradicional expositivo não se mostrava autossuficiente para a fixação analítica dessas distinções pelos discentes.

Figura 3 – Nível de domínio conceitual prévio dos estudantes sobre dispersões.

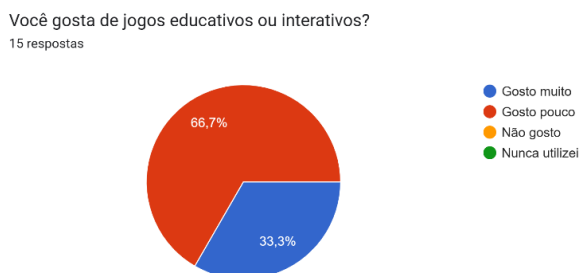


Fonte: Autores, 2026.



Sobre o interesse dos alunos por jogos educativos, A análise da Figura 4 revelou um cenário de receptividade moderada e potencial de exploração: 66,7% dos alunos declararam que gostam "pouco" de jogos educativos ou interativos, enquanto 33,3% afirmaram que gostam "muito".

Figura 4 – Afinidade dos discentes em relação ao uso de jogos educativos.



Fonte: Autores, 2026.

Esse índice acentuado de afinidade por jogos corrobora a relevância de propor um software como o *Tyndall*, ambientado em uma estética *sci-fi* e dotado de uma narrativa envolvente.

A Figura 5 demonstra que há uma abertura significativa e otimista por parte das turmas para a inovação didática: 66,7% dos participantes afirmaram convictamente que acreditam que jogos podem ajudar "bastante" na aprendizagem, e os 33,3% restantes avaliaram que eles "ajudam um pouco". Nenhuma marcação foi registrada nas opções "Não ajudam" ou "Nunca pensei sobre isso". Esse dado revela que, embora muitos gostassem apenas "pouco" dos jogos que conheciam, eles reconheciam plenamente o potencial educacional da ferramenta, o que preparou um terreno fértil para a chegada do *Tyndall*.

Figura 5 – Percepção dos estudantes sobre o potencial pedagógico dos jogos.



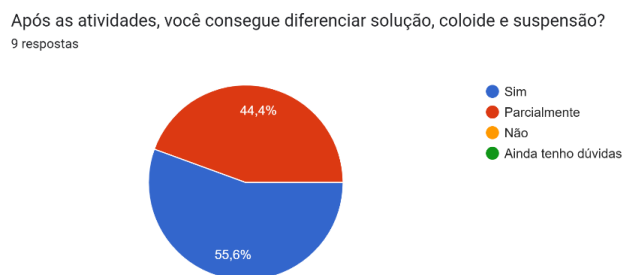
Fonte: Autores, 2026



Na prática, a aplicação do jogo em sala de aula preencheu de forma expressiva as lacunas conceituais e motivacionais identificadas no diagnóstico inicial. A análise do pós-teste concentrou-se em mensurar a evolução do conhecimento dos estudantes sobre o conteúdo curricular logo após essa experiência lúdica.

Após a aplicação do jogo, a avaliação do conhecimento dos estudantes evidenciou maior compreensão dos conceitos estudados os dados expostos na Figura 6 indicam a expressivo potencial pedagógico e cognitivo do software *Tyndall*. Em total contrapartida ao cenário inicial — no qual apenas 40% dominavam o conteúdo —, após o contato com o jogo, 55,6% dos participantes afirmaram categoricamente que conseguiam diferenciar solução, coloide e suspensão, ao passo que 44,4% assinalaram que conseguiam "parcialmente". Notavelmente, as opções "Não" e "Ainda tenho dúvidas" obtiveram 0% de marcações.

Figura 6 – Nível de domínio conceitual dos discentes sobre dispersões pós-intervenção.



Fonte: Autores, 2026.

De acordo com Saraiva, Galvão e Moraes (2021), a gamificação na educação promove um espaço onde o erro não é punitivo, mas sim um componente do processo de tentativa e feedback imediato. Essa dinâmica de interatividade permitiu a fixação das propriedades das dispersões (como o Efeito Tyndall na escala nanométrica), transformando conceitos essencialmente abstratos em uma experiência visual assimilável.

A experiência lúdica foi avaliada pelos alunos como excelente e boa. A Figura 7 evidencia que, a recepção estética e funcional do jogo obteve aclamação unânime por parte das turmas, com 66,7% dos discentes classificando a experiência como "boa" e 33,3% como "excelente". Nenhuma menção para os conceitos "regular" ou "ruim" foi computada. Essa aprovação integral valida o fluxo de design via Inteligências Artificiais Generativas gratuitas. Conforme sustentam Saraiva, Galvão e Moraes (2021), para que um projeto de ensino gamificado atinja seus objetivos, o design e as mecânicas precisam dialogar diretamente com o perfil do estudante. A interface *sci-fi* intuitiva e estável garantiu que a tecnologia atuasse como um vetor de imersão e facilitação, e não como uma barreira de usabilidade. Por fim, a



pesquisa mensurou o impacto da experiência na aspiração dos discentes quanto ao formato ideal de suas futuras vivências escolares.

Figura 7 – Avaliação global da experiência lúdica e de usabilidade com o software Tyndall.



Fonte: Autores, 2026.

O encerramento dessa etapa trouxe um dado marcante: 100% dos estudantes expressaram o desejo de que mais aulas de Química adotassem jogos educativos e atividades interativas "com frequência". Essa unanimidade indica uma busca clara por dinamismo nas aulas regulares. Como apontam Saraiva, Galvão e Moraes (2021), a gamificação bem estruturada vai muito além de um entretenimento passageiro; ela atua como um elemento transformador na escola. O desejo de continuidade prova que o *Tyndall* gerou um envolvimento real com o aprendizado, mostrando que o uso de tecnologias lúdicas aproxima a disciplina da realidade dos jovens. Esse entusiasmo gerado pelo jogo refletiu-se diretamente no clima da sala de aula, promovendo um ambiente de muita troca e cooperação onde os alunos se divertiram e trabalharam juntos ao longo das partidas. Esse momento de participação ativa com a tecnologia pode ser acompanhado no registro fotográfico apresentado na Figura 8.

Figura 8: Aplicação prática do jogo *Tyndall* com estudantes do Ensino Médio.



Fonte: Autores, 2026.



Em suma, a consonância entre os dados estatísticos coletados e a postura observada nos registros de campo consolida o software *Tyndall* como um recurso de transposição didática eficiente para o ensino de dispersões. A experiência evidenciou que a inserção de suportes tecnológicos construídos a partir da realidade local não apenas supera limitações estruturais comuns em escolas públicas, mas também reposiciona os estudantes no centro do processo pedagógico.

Assim, a culminância das atividades pedagógicas em sala de aula valida a viabilidade prática da autoria digital, provando que ferramentas gratuitas de Inteligência Artificial devolvem ao professor o protagonismo sobre as suas próprias mídias de ensino. Esse panorama de alta aceitação e engajamento prático demonstra um horizonte promissor para o desenvolvimento de novas soluções voltadas à área de Ciências da Natureza, abrindo caminhos para práticas mais inclusivas e dinâmicas.

Conclusões

Os resultados obtidos confirmam que o objetivo geral deste trabalho foi plenamente alcançado, demonstrando como a criação de tecnologias pelo próprio professor torna a produção digital acessível a todos no contexto educacional. O uso combinado de Inteligências Artificiais generativas gratuitas permitiu que um educador, mesmo sem formação prévia em computação, desenvolvesse um software funcional, imersivo e pedagogicamente estruturado. Esse cenário demonstra que a curiosidade pedagógica e a intencionalidade didática são capazes de superar as barreiras técnicas quando mediadas por ferramentas acessíveis, validando o protagonismo do professor na construção de seus próprios recursos digitais.

Além do desenvolvimento do software, a dinâmica de sua aplicação prática em sala de aula revelou-se altamente compatível com a realidade operacional das escolas públicas brasileiras. Os resultados obtidos indicam um aumento expressivo no engajamento dos alunos e na promoção de uma aprendizagem significativa sobre o conceito químico de dispersões, superando abordagens puramente teóricas.

Apesar dos avanços alcançados, reconhecem-se limitações importantes a serem superadas em etapas futuras do projeto. A principal restrição técnica reside no fato de o software estar otimizado atualmente apenas para notebooks e desktops, carecendo de responsividade para dispositivos móveis. Essa limitação guiará as próximas atualizações planejadas para a ferramenta. A adaptação e a conversão do *Tyndall* para smartphones pretendem ampliar e democratizar o acesso ao recurso pedagógico, alinhando a proposta às demandas atuais por um uso responsável, equitativo e inclusivo das tecnologias digitais no ambiente escolar.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFMA, ao Centro de Ensino Bernardo Coelho de Almeida e aos estudantes participantes pela colaboração nesta pesquisa.



Referências

ALVES, Flora. **Gamification: como criar experiências de aprendizagem engajadoras: um guia completo do conceito à prática**. 2. ed. São Paulo: DVS Editora, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Referencial para desenvolvimento e uso responsáveis de Inteligência Artificial na educação**. 1. ed. Brasília, DF: MEC, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/referencial-de-ia-na-educacao>. Acesso em: 24 jun. 2026.

BROWN, T. L.; LEMAY JUNIOR, H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M.; STOLTZFUS, M. W. **Química: a ciência central**. 13. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

BURKE, Brian. **Gamificar: como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias**. São Paulo: DVS Editora, 2015.

KAPP, Karl M. **The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education**. São Francisco: Pfeiffer, 2012.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida (org.). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

SARAIVA, Hellem Torres; GALVÃO, Stephenson de Sousa Lima; MORAIS, Márcio Aurélio Carvalho de. **Gamificação e aprendizagem: passo a passo para o desenvolvimento de projetos de ensino gamificados**. Parnaíba, 2021. E-book. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/602994/4/Gamifica%C3%A7%C3%A3o%20a%20Aprendizagem%20-%20EBOOK.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2026.

ZICHERMANN, Gabe; CUNNINGHAM, Christopher. **Gamification by design: implementing game mechanics in web and mobile apps**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.